

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-247822

(43)Date of publication of application : 30.08.2002

(51)Int.Cl.

H02K 21/24

H02K 1/27

H02K 3/47

H02K 7/09

(21)Application number : 2001-047011

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD
CHUBU ELECTRIC POWER CO INC

(22)Date of filing : 22.02.2001

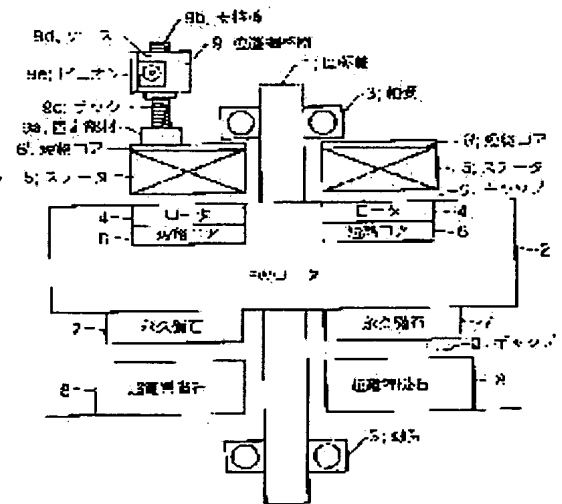
(72)Inventor : SAKURAI TAKAO
MORIMOTO MASAYUKI
KAWASHIMA YUTAKA
MINAMI MASA HARU
NAGAYA SHIGEO
KAJIMA NAOJI

(54) SYNCHRONOUS MOTOR GENERATOR WITH GAP ADJUSTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent generation of a high voltage during high speed rotation even without weak field control and to generate a stable output torque for the rotation up to high speed rotation from a low speed rotation.

SOLUTION: A motor generator is structured with a rotor 4 of a permanent magnet fixed to an FW rotor 2 and a stator 5 provided keeping an axial gap (g). A position adjustor 9 vertically moves the stator 5 to variably adjust the gap (g). When the FW rotor 2 is rotating at a lower speed, the position adjustor 9 moves downward the stator 5 with a rotating speed signal to make narrower the gap (g). Accordingly, a magnetic flux ϕ between the rotor 4 and stator 5 increases to increase and induced voltage and a torque. During the high speed rotation, the position adjustor 9 moves upward the stator 5 with the rotation speed signal to widen the gap (g). As a result, the magnetic flux ϕ between the rotor 4 and stator 5 is reduced to reduce the induced voltage. Accordingly, the induced voltage can be lowered to the desired generated voltage with higher efficiency during the high speed rotation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the synchronous motor generator constituted by the rotator which was supported by the revolving shaft and equipped the surroundings of this revolving shaft with the permanent magnet, and the stator which countered said permanent magnet, prepared the axial gap parallel to said revolving shaft, and has been arranged The synchronous motor generator characterized by being constituted so that it may have a justification means to move said stator in the direction which carries out adjustable [of the gap of said axial gap] and said justification means may carry out adjustable [of the location of said stator] according to the rotational speed of said rotator.

[Claim 2] Said justification means is a synchronous motor generator according to claim 1 characterized by moving said stator so that the gap of said axial gap may be shortened at the time of the low-speed rotation with said rotator later than a predetermined rotational frequency, and moving said stator so that the gap of said axial gap may be lengthened at the time of the high-speed rotation with said rotator earlier than a predetermined rotational frequency.

[Claim 3] Said stator is a synchronous motor generator according to claim 1 or 2 characterized by winding the coil around the core.

[Claim 4] Said stator is a synchronous motor generator according to claim 1 or 2 characterized by winding the coil by core loess.

[Claim 5] Said coil is a synchronous motor generator according to claim 3 or 4 characterized by being wound by any of a concentration volume or a distribution volume they are.

[Claim 6] The motor configuration by said rotator which prepares said axial gap and is arranged, and said stator is a synchronous motor generator according to claim 1 to 5 characterized by being constituted by two or more steps.

[Claim 7] The permanent magnet with which said rotator was equipped is a synchronous motor generator according to claim 1 to 6 characterized by consisting of even number poles of the arbitration of two or more poles.

[Claim 8] It is a synchronous motor generator according to claim 1 to 7 about being used for any of a wind-mill mold generator, a flywheel mold motor generator, the motor generator for electric vehicles, the motor generator that uses a dc-battery as a power source, and a micro gas turbine mold generator being.

[Claim 9] In the flywheel equipment for stationary energy storage which performs stationary energy storage by rotating with a motor the turntable supported by the revolving shaft The rotator of said motor equipped with the 1st permanent magnet arranged around [said / revolving shaft] said turntable, The stator of said motor which countered said 1st permanent magnet, prepared the axial gap parallel to said revolving shaft, and has been arranged, in order to carry out magnetic levitation of said turntable to the bearing which supports a radial road, and the 2nd permanent magnet which said turntable was alike on the other hand, and has been arranged The super-conductive magnet arranged so that it may counter with said 2nd permanent magnet and may have a predetermined gap in said direction of a revolving shaft, Flywheel equipment for stationary energy storage characterized by being constituted so that a justification means to move said stator in the direction which carries out adjustable [of the gap of said axial gap] may be provided and said justification means may carry out adjustable [of the location of said stator] according to the rotational speed of said turntable.

[Claim 10] Said stator is flywheel equipment for stationary energy storage according to claim 9 characterized by winding the coil by core loess.

[Claim 11] Flywheel equipment for stationary energy storage according to claim 9 characterized by said super-conductive magnet being a permanent magnet.

[Claim 12] Said stator is flywheel equipment for stationary energy storage according to claim 9 which a coil is wound by core loess and characterized by said super-conductive magnet being a permanent magnet.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] Especially this invention relates to the structure of the flywheel equipment for stationary energy storage of having an axial gap between Rota of a synchronous motor generator, and a stator, about the structure of a synchronous motor generator.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, as a means of stationary energy storage, although there are a pumping type, a cell charge method, a compressed-air method, etc., recently, the flywheel (following, FW) equipment which stores power energy mechanically attracts attention. Stationary energy storage is performed because such FW equipment rotates FW by ultra high-speed with a synchronous motor generator, and efficient FW equipment for stationary energy storage is being put in practical use by improvement in rare earth magnets, such as high tension ingredients, such as FRP which consists of carbon fiber, and samarium cobalt with strong magnetism, and techniques, such as high-temperature superconductivity, in recent years. In addition, a synchronous motor generator is only called motor generator, and FW equipment for stationary energy storage using this is mentioned as an example, and explanation is developed and it goes by the following explanation.

[0003] Generally the so-called radial gap type with which the above FW equipments for stationary energy storage have Rota of a motor and a generator and the gap of a stator in radial of thing is known widely. However, the so-called axial gap type which has the gap of Rota and a stator in a revolving shaft and a parallel direction of thing is also developed in recent years. Among these, the overall length of the revolving shaft of FW Rota becomes long, and FW equipment for stationary energy storage of the former radial gap mold has a possibility of causing shaft vibration and producing axial breakage with the rigidity of a revolving shaft at the time of high-speed rotation. Furthermore, if a revolving shaft carries out eccentricity slightly, the magnetic-attraction force by the motor generator will occur in the eccentric direction, the eccentricity of a revolving shaft will become still larger, and the bearing capacity of the magnetic bearing of a radial direction will increase sharply. Or a possibility of inducing an oscillating oscillation also has the magnetic-attraction force by the motor generator, and the bearing capacity of a magnetic bearing. Moreover, thrust loading will be supported by the magnetism of the permanent magnet for carrying out magnetic levitation of FW Rota, and a super-conductive magnet, and also has problems, like these load burdens become quite large.

[0004] Then, in order to solve problems, such as the above axial eccentricity, shaft vibration, and axial rigidity, or to make thrust loading mitigate, FW equipment which used the motor generator of an axial gap mold is being developed. Since FW equipment of such an axial gap mold is in a developmental stage, the configuration which applied the common motor generator using the motor generator of the axial gap mold in the conventional technique to FW equipment is explained. Drawing 2 is structural drawing at the time of applying the motor generator of the axial gap mold in the conventional technique to FW equipment, (a) is the plan of permanent magnet Rota and (b) is cross-section structural drawing of FW equipment. FW equipment using this axial gap type of motor generator has objectively the composition that Rota 12 of the same structure and 12' were supported by the revolving shaft 11, and have been arranged, in the both sides of a stator 15, as shown in this drawing (b). Therefore, although the following explanation explains one side, about the near configuration of another side, the upper and lower sides

shall be read as an opposite location.

[0005] In drawing 2 (b), FW Rota 12 which stores power energy is supported by the revolving shaft 11. The bearing 14 and 14' supporting the radial direction and the axial direction of a revolving shaft 11 are prepared in the upper part and the lower part of a revolving shaft 11. These bearing 14 and 14' consist of antifriction bearing, superconduction bearing, a usual state electrical conduction magnetic bearing, etc., and support a radial road. In addition, the inside of the container which holds FW Rota 12 and which is not illustrated is made into the vacua in order to reduce the windage loss by rotation of FW Rota 12.

[0006] Moreover, permanent magnet Rota (rotator) 13 of the motor generator (a motor and a generator are made to serve a double purpose) take power energy in and out of which is established in the surroundings of the revolving shaft 11 of the inferior-surface-of-tongue section of FW Rota 2. As this permanent magnet Rota 13 is shown in drawing 2 R> 2 (a), the permanent magnet of eight poles is equally arranged N and alternately with S around the revolving shaft 11. Moreover, the surroundings of the revolving shaft 11 of the lower part of this permanent magnet Rota 13 are equipped with the stator (stator) 15 of a motor generator so that it may counter with permanent magnet Rota 13 and the predetermined gap 16. This stator 15 consists of a core loess coil which does not use an iron core.

[0007] moreover, FW Rota 12 of another side — 'the gap 16 produced by the repulsion magnetism of on near permanent magnet Rota 13 and a stator 15 since the side also became the same configuration and has countered the stator 15, and the gap 16 produced by the repulsion magnetism of near permanent magnet Rota 13' of another side and a stator 15' are held at the axial gap of the same gap.

[0008] With such FW equipment of a configuration, a motor generator acts as a motor, and in connection with permanent magnet Rota 13 and 13' revolving around a revolving shaft 11, when FW Rota 12 and 12' rotate by ultra high-speed, power is stored. Moreover, the power stored during rotation of FW Rota 12 and 12' when a motor generator acted as a generator is outputted. Thus, the excitation circuit for performing electric / generation-of-electrical-energy operation becomes unnecessary by using permanent magnet Rota for FW equipment. By this, since loss for an exciting current is lost, it is efficient and stationary energy storage can be performed.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, with FW equipment for stationary energy storage which has the motor generator of the axial gap mold by the above-mentioned conventional configuration, since the gap length of the axial direction is fixed regardless of the rotational frequency, he produces some following faults.

[0010] First, a permanent magnet type generator has the problem which arises when induced voltage changes at a rotational frequency. That is, the induced voltage generated when the coil which a stator 15 does not illustrate cuts the magnetic flux of permanent magnet Rota 13 is expressed with the following formula (1).

$$E=2.22fNk\phi \quad (1)$$

However, E:induced voltage, f:rotational frequency (frequency), the number of turns of N:coil, k:winding factor, phi: Magnetic flux [0011] That is, since the number of turns N and winding factor k of a coil of a stator 15, and the magnetic flux phi of permanent magnet Rota 13 and 13' are constant value as shown in a formula (1), induced voltage E increases in proportion to a rotational frequency f. Therefore, although driven as an efficient motor generator at the time of low-speed rotation, if it becomes at the time of high-speed rotation, an electrical potential difference higher than the electrical potential difference by the side of the inverter which drives a motor generator will be generated by the motor generator. Therefore, at the time of high-speed rotation, in order to prevent a generation of electrical energy of such a high voltage, field-weaking control is performed. Field-weaking control is control which passes a current which makes the magnetic flux of an opposite direction so that the magnetic flux which acts on a generation of electrical energy may not increase. However, if it does in this way and a field weakening current is passed according to the undervoltage of a power conversion machine (inverter), the reactive current will increase and a power-factor will worsen by the field weakening current. Therefore, in connection with becoming high-speed rotation and a field weakening current increasing, loss by part for the reactive current will increase, and the power efficiency of a motor generator (therefore, FW equipment) will decline.

[0012] The motor or generator with which another trouble is designed for high-speed rotation from the first is that an output torque is small. That is, an output torque is expressed with the relational

expression of the following formula (2).

$$T=3E/\omega I \quad (2)$$

However, T :torque, $\omega=2\pi f$:electrical-angle frequency, I : Current [0013] That is, since induced voltage E will become high if a frequency (engine speed) f increases as the above-mentioned formula (1) explained, it is set up so that it may not become higher than the maximum voltage to which a field weakening current is passed and induced voltage E can output an inverter. That is, the greatest induced voltage E is prescribed by the maximum voltage of an inverter, and serves as a fixed value. Therefore, in a formula (2), since induced voltage E is fixed even if it becomes high-speed rotation, if a frequency (rotational frequency) f or ω , i.e., an electrical angle frequency, increases, Torque T will become small. Thus, the output torque of a motor generator will become still smaller, so that it becomes high-speed rotation. For example, when [at which it carries out] FW equipment will be rotated with 10,000rpm extent, it cannot be made to rotate by big driving torque.

[0014] This invention is made in view of such a situation, and that purpose is to offer the flywheel equipment for stationary energy storage using this synchronous motor generator while offering the synchronous motor generator which can be made to generate the output torque stabilized from low-speed rotation to high-speed rotation while making it the high voltage not occur at the time of high-speed rotation, even if it does not perform field-weaking control.

[0015]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem and to attain the purpose, the synchronous motor generator of this invention In the synchronous motor generator constituted by the rotator which was supported by the revolving shaft and equipped the surroundings of this revolving shaft with the permanent magnet, and the stator which countered the permanent magnet, prepared the axial gap parallel to a revolving shaft, and has been arranged It has a justification means to move a stator in the direction which carries out adjustable [of the gap of an axial gap], and this justification means is characterized by being constituted so that it may carry out adjustable [of the location of a stator] according to the rotational speed of a rotator.

[0016] That is, according to the synchronous motor generator of this invention, since a justification means changes the die length of the gap of the axial gap between a rotator and a stator according to the rotational speed of a rotator, it can carry out adjustable [of the amount of magnetic flux which contributes to an electric generation-of-electrical-energy operation between a rotator and a stator] automatically. Therefore, according to rotational speed, induced voltage and torque are automatically changeable. Since generating of the high voltage can be automatically suppressed even if it does not control a field weakening current especially at the time of high-speed rotation, an electric generation-of-electrical-energy operation can be performed effectively, without reducing power efficiency.

[0017] Moreover, the synchronous motor generator of this invention is characterized by setting to said invention, for a justification means moving a stator so that the gap of an axial gap may be shortened at the time of the low-speed rotation with a rotator later than a predetermined rotational frequency, and moving a stator so that the gap of an axial gap may be lengthened at the time of the high-speed rotation with a rotator earlier than a predetermined rotational frequency.

[0018] That is, since according to the synchronous motor generator of this invention the axial gap between a rotator and a stator becomes narrow automatically and the amount of magnetic flux increases at the time of low-speed rotation, torque can be increased or a high electrical potential difference can be generated. Moreover, at the time of high-speed rotation, since the axial gap between a rotator and a stator becomes large automatically and the amount of magnetic flux decreases, even if it does not pass a field weakening current, it can adjust to the value of a request of a generation-of-electrical-energy electrical potential difference. And since the reactive current by the field weakening current does not flow, a power-factor can improve and generating efficiency can be raised.

[0019] Moreover, although the synchronous motor generator of this invention can wind a coil around a core and can also constitute a stator, it may wind a coil by core loess. Thus, by making it core loess, the eddy current loss and iron loss by the high frequency current at the time of high-speed rotation can be reduced. Moreover, the coil methods of a stator coil may be any of a concentration volume and a distribution volume. Furthermore, the motor configuration by the rotator and stator which prepare an axial gap and are arranged may be constituted by two or more steps. That is, an axial gap motor may be constituted combining this in multistage, although it is good also as one step of configuration. Moreover,

the permanent magnet arranged at the rotator consists of even number poles of the arbitration of two or more poles, for example, can be made the configuration of two poles, six poles, 8 pole —, etc.

[0020] Moreover, the synchronous motor generator of the axial gap type in this invention can also be used for the flywheel equipment for stationary energy storage. Or when it uses for the generator for wind mills and rotational speed changes at a wind speed, with a justification vessel, a gap is adjusted and the optimal electrical potential difference can be generated. Furthermore, it uses for the motor wheel in motor generator for electric vehicles, the motor generator which uses a dc-battery as a power source, and according to input voltage, with a justification vessel, a gap is adjusted and the optimal electrical potential difference can be generated. Or it can also use for the high-speed generator of micro gas turbine direct connection.

[0021] Moreover, this invention is also invention of the flywheel equipment for stationary energy storage which used the synchronous motor generator of an axial gap type. Namely, it sets to the flywheel equipment for stationary energy storage which performs stationary energy storage by rotating with a motor the turntable supported by the revolving shaft. The rotator of a motor equipped with the 1st permanent magnet arranged around [revolving shaft] a turntable, the 1st permanent magnet being countered, and, in order to carry out magnetic levitation of the turntable to the stator of the motor which prepared the axial gap parallel to a revolving shaft, and has been arranged, the bearing which supports a radial road, and the 2nd permanent magnet which the turntable was alike on the other hand, and has been arranged The super-conductive magnet arranged so that it may counter with the 2nd permanent magnet and may have a predetermined gap in the direction of a revolving shaft, A justification means to move a stator in the direction which carries out adjustable [of the gap of an axial gap] is provided, and this justification means is flywheel equipment for stationary energy storage characterized by being constituted so that it may carry out adjustable [of the location of a stator] according to the rotational speed of a turntable.

[0022] That is, according to the flywheel equipment for stationary energy storage of this invention, since the axial gap type motor generator is used, even if the revolving shaft of a turntable carries out eccentricity, the magnetic-attraction force does not occur in a radial direction. Moreover, since the overall length of ***** can be shortened to a ratio when a radial gap type motor generator is used, the shaft vibration at the time of high-speed rotation and the problem of axial rigidity are mitigable. Furthermore, thrust loading is suppliable with an axial gap type motor generator by being located above a revolving shaft with the magnetic-attraction force by the motor generator. That is, axial eccentricity, shaft vibration, and the problem of axial rigidity can be mitigated, and thrust loading can be compensated. And with the flywheel equipment for stationary energy storage of this invention, it has a justification means to move a stator in the direction which carries out adjustable [of the gap of the axial gap between a stator and a rotator]. And since this justification means carries out adjustable [of the location of a stator] according to the rotational speed of body of revolution, it can change induced voltage and torque automatically according to rotational speed. Since generating of the high voltage can be automatically controlled even if it does not control a field weakening current especially at the time of high-speed rotation, an electric generation-of-electrical-energy operation can be performed effectively, without reducing power efficiency.

[0023] Moreover, in the flywheel equipment for stationary energy storage of said invention, a stator is characterized by winding the coil by core loss by this invention. That is, since iron loss and eddy current loss can be reduced by using the stator of a motor as a core loss mold without an iron core, the effectiveness of a motor generator can be raised further.

[0024]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, although the synchronous motor generator in this invention is explained using a drawing, the flywheel equipment for stationary energy storage using this synchronous motor generator as an example will be explained. Drawing 1 is the sectional side elevation showing the configuration of FW equipment for stationary energy storage concerning the gestalt of 1 operation of this invention. This FW equipment shows the condition of having applied the axial gap type motor generator. Moreover, in the condition that it is shown in drawing, this FW equipment stands a revolving shaft 1, and is used.

[0025] First, the whole configuration is explained. In drawing 1, FW Rota 2 in which FW equipment stores power energy to a revolving shaft 1 is supported. Moreover, the bearing 3 and 3' supporting the radial

direction and the axial direction of a revolving shaft 1 are prepared in the upper part and the lower part of a revolving shaft 1. These bearing 3 and 3' consist of antifriction bearing, superconduction bearing, a usual state electrical conduction magnetic bearing, etc., and support a radial road. In addition, the inside of the container which holds FW Rota 2 and which is not illustrated is made into the vacua.

[0026] Moreover, Rota (rotator) 4 of the motor generator (a motor and a generator are made to serve a double purpose) take power energy in and out of which is established in the surroundings of the revolving shaft 1 in the top-face section of FW Rota 2. Furthermore, the surroundings of the upper revolving shaft 1 of this Rota 4 are equipped with the stator (stator) 5 of a motor generator so that it may counter with Rota 4 and the predetermined gap g. In addition, this stator 5 consists of a core loess coil which does not use an iron core. Moreover, Rota 4 is supported by the short circuit core 6, and the stator 5 is held by short circuit core 6'.

[0027] The permanent magnet 7 is formed in the inferior surface of tongue of FW Rota 2 around the revolving shaft 1. Furthermore, the surroundings of a revolving shaft 1 are equipped with the super-conductive magnet 8 so that it may counter with a permanent magnet 7 and predetermined gap g'. And when a permanent magnet 7 and a super-conductive magnet 8 carry out magnetic repulsion, FW Rota 2 surfaces from a super-conductive magnet 8. That is, thrust loading from above is supported by the repulsion magnetism of these permanent magnets 7 and super-conductive magnets 8.

[0028] With this FW equipment, when the motor generator of a configuration of having mentioned above acts as a motor, in connection with Rota 4 revolving around a revolving shaft 1, power is stored because FW Rota 2 rotates by ultra high-speed. Moreover, the power stored during rotation of FW Rota 2 when a motor generator acts as a generator is outputted.

[0029] Moreover, in order to raise the storage effectiveness of FW Rota 2 rotated by ultra high-speed with this FW equipment, the interior of FW equipment is made into a vacua by making into a vacuum the inside of the container which holds FW Rota 2 and which is not illustrated, and the windage loss accompanying rotation of FW Rota 2 is reduced. Furthermore, in order to reduce the windage loss accompanying rotation of FW Rota 2 and to maintain the cooling effect of FW Rota 2, the interior of FW equipment is decompressed by decompressing the inside of the container which holds FW Rota 2 and which is not illustrated.

[0030] In addition, although especially illustration is not carried out, the inside of the container which holds FW Rota 2 may enclose a gas with the small molecular weight of helium etc. Furthermore, you may constitute so that a cooling system may be formed and the gas in a container may be cooled. Or after forming a vacuum pump and carrying out vacuum suction of the inside of a container, in case FW Rota 2 generates heat at the time of charge and discharge, you may constitute so that the gas for cooling FW Rota 2 may be poured in into a container with a cooling system.

[0031] Furthermore, the place by which it is characterized [of FW equipment in this invention] is just going to have the composition of having attached the justification machine 9 in the upper part of a stator 5 correctly in the upper part of short circuit core 6' holding a stator 5. As this justification equipment 9 is shown in drawing, holddown-member 9a fixed to short circuit core 6', and bearing-bar 9b by which rack 9c was minced from this holddown-member 9a above is extended. That is, bearing-bar 9b is the configuration in which the ball screw was formed. Furthermore, in case 9d, pinion 9e which the controller exposed is screwing with rack 9c. That is, by turning pinion 9c, driving-direction modification and moderation are performed by rack 9c, and it is constituted so that bearing-bar 9b may move up and down. For example, if pinion 9c is rotated one time, one pitch of screws of rack 9c will move.

[0032] Thus, with the constituted justification vessel 9, if pinion 9e rotates according to the rotational speed of FW Rota 2, rack 9c of bearing-bar 9b will carry out pitch stepping, and a stator 5 will carry out vertical migration with short circuit core 6' which fixed to holddown-member 9a. It has come to be able to carry out the adjustable setting of the die length of the gap g of Rota 4 and the axial direction of a stator 5 by this. That is, the die length of the gap g of the axial direction between Rota 4 and a stator 5 is the device which can carry out adjustable with the justification vessel 9. For example, at the time of high-speed rotation, it operates so that a gap g may become large, and it presents the operation same with having performed field-weaking control.

[0033] Thus, in constituted FW equipment, while FW Rota 2 is carrying out low-speed rotation, with the speed signal from the rotational-speed detector which is not illustrated, pinion 9e rotates towards desired, carries out screwing migration of the rack 9c, and moves bearing-bar 9b below. By this, a stator

5 moves caudad and shortens the gap of a gap g . Then, the magnetic flux ϕ between Rota 4 and a stator 5 increases, and induced voltage E increases so that clearly from the above-mentioned formula (1). Furthermore, as shown in the above-mentioned formula (2), Torque T increases by the increment in induced voltage E . Thus, at the time of low-speed rotation, while being able to enlarge torque by making a gap g small automatically, the induced voltage of a desired electrical-potential-difference value can be generated.

[0034] Next, when FW Rota 2 becomes high-speed rotation, with the speed signal from the rotational-speed detector which is not illustrated, pinion 9e rotates towards desired, carries out screwing migration of the rack 9c, and moves bearing-bar 9b upwards. By this, a stator 5 moves up and lengthens the gap of a gap g . Then, the magnetic flux ϕ between Rota 4 and a stator 5 decreases, and induced voltage E is decreased. Namely, at the time of high-speed rotation, even if it does not pass a field weakening current which was stated with the above-mentioned conventional technique, the value of a request of induced voltage can be automatically decreased by reduction of magnetic flux ϕ , and desired torque can also be generated. Thus, at the time of high-speed rotation, it becomes, without reducing power efficiency, since a field weakening current is not passed while preventing generating of excessive induced voltage by enlarging a gap g automatically.

[0035] In addition, since adjustment of the gap g with the justification machine 9 is about 1-2mm, it is necessary to make the device of a rack and a pinion a configuration which does not have backlash in a screwing part, and to make pitch spacing of a ball screw into about dozens of microns or less. of course, the thing to restrict to the device of a rack and a pinion — there is nothing — the precision of several microns thru/or dozens of microns — a stator — vertical migration **** — as long as it is a configuration [like], what kind of device may be used.

[0036] Moreover, although the gestalt of the above-mentioned operation described the case where went up and down a stator 5 and a gap g was adjusted, even if it carries out vertical migration only of short circuit core 6' with the justification vessel 9, magnetic flux ϕ is made to fluctuate and the same operation effectiveness as the gestalt of the above-mentioned operation can be presented. However, it is necessary to take into consideration about the cooling effect of a stator 5 in this case.

[0037] Moreover, although core loess without an iron core constituted the stator 5 from the gestalt of operation of FW equipment in this invention shown in drawing 1, this is for reducing the eddy current loss and iron loss by the high frequency current at the time of high-speed rotation. However, even if it uses a stator with a core, it cannot be overemphasized that this invention is applicable. Moreover, any of a concentration volume and a distribution volume are sufficient as the coil method of a stator coil. Furthermore, although an axial gap motor is one step of thing and consisted of drawing 1, this invention is applicable even if constituted combining the axial gap motor which combined FW Rota 2, the short circuit core 6, Rota 4, a stator 5, and short circuit core 6' in multistage. Moreover, the configuration of Rota 4 in drawing 1 may not be restricted to what constituted the permanent magnet as shown in drawing 2 (a) to the eight poles, and may be a configuration of two poles, 6 pole —, etc.

[0038] Moreover, although it is not directly related to the change in the magnetic flux ϕ by axial gap adjustment, since the axial gap type motor generator is used for FW equipment for stationary energy storage constituted as mentioned above, even if the revolving shaft 1 of FW Rota 2 carries out eccentricity of it, the magnetic-attraction force is not generated in a radial direction. For this reason, when a radial gap type motor generator is used, ** and a radial road can be sharply mitigated to a ratio. Furthermore, with the strength relation of the magnetic energy which a motor generator produces, when a revolving shaft 1 carries out eccentricity, since the self-aligning nature to a radial direction occurs, a radial road can be mitigated further.

[0039] Moreover, since the overall length of the revolving shaft 1 of ** and FW Rota 2 can be shortened to a ratio by the configuration of an axial gap type motor generator when the conventional radial gap type motor generator is used, while the shaft vibration at the time of high-speed rotation is mitigable, far of breakage by rigidity is mitigable. Furthermore, thrust loading currently supported only by the magnetism of a permanent magnet 7 and a super-conductive magnet 8 is suppliable with an axial gap type motor generator by making it located above a revolving shaft 1 with the magnetic-attraction force by the motor generator. Or it becomes possible by adjusting the strength of the magnetic-attraction force to adjust the surfacing gap length from the super-conductive magnet 8 of FW Rota 2. In addition, a super-conductive magnet 8 may be a permanent magnet. Moreover, it does not support by the

magnetism of the permanent magnet 7 and super-conductive magnet 8 which surface FW Rota 2, but it is only in bearing 3 and 3', and thrust loading can be supported.

[0040] Moreover, by using a permanent magnet type motor generator, copper loss and iron loss can be reduced and the need for cooling of FW Rota 2 in a vacuum can be reduced. Furthermore, by using the stator 5 of a motor generator as a core loess mold without an iron core, iron loss can be reduced further and the power efficiency of a motor generator can be raised further. if the conventional radial gap type motor generator rotates at high speed, since [moreover,] it will require a centrifugal force for the gap part which generates the force -- the problem of scattering prevention and electrical and electric equipment, such as a magnet, -- there was a limit for considering as the optimal structure with the relation of a trade-off to the problem of magnetic optimality. However, since the axial gap type motor generator of this invention can design separately the gap side of the thrust direction which generates the force, and the bearing surface of a radial direction on the strength which receives a centrifugal force, it separates the optimal structure electrically mechanically, respectively, and becomes possible [designing to ultra high-speed and high power].

[0041] The gestalt of the operation described above is an example for explaining this invention, this invention is not limited to the gestalt of the above-mentioned operation, and various deformation is possible for it in the range of the summary of invention. For example, although the gestalt of the above-mentioned operation described the case where the synchronous motor generator of an axial gap type was applied to the flywheel equipment for stationary energy storage, when it does not restrict to this, for example, it applies to the generator for wind mills and rotational speed changes at a wind speed, with a justification vessel, a gap is adjusted and the optimal electrical potential difference can be generated. Or it applies to the motor wheel in motor generator for electric vehicles, the motor generator which uses a dc-battery as a power source, and according to input voltage, with a justification vessel, a gap is adjusted and the optimal electrical potential difference can be generated. Or it is also applicable to the high-speed generator of micro gas turbine direct connection.

[0042]

[Effect of the Invention] Since according to the synchronous motor generator of the axial gap type in this invention the axial gap between Rota and a stator becomes narrow automatically and magnetic flux increases at the time of low-speed rotation as explained above, torque can be increased or a high electrical potential difference can be generated. Moreover, at the time of high-speed rotation, since the axial gap between Rota and a stator becomes large automatically and magnetic flux decreases, even if it does not pass a field weakening current, it can adjust to the value of a request of a generation-of-electrical-energy electrical potential difference. And since the reactive current by the field weakening current does not flow, a power-factor can improve and generating efficiency can be raised.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the sectional side elevation showing the configuration of FW equipment for stationary energy storage concerning the gestalt of 1 operation of this invention.

[Drawing 2] It is image structural drawing at the time of applying the motor generator of the axial gap mold in the conventional technique to FW equipment, and (a) is the plan of permanent magnet Rota and (b) is cross-section structural drawing of FW equipment.

[Description of Notations]

- 1 Revolving Shaft
- 2 FW Rota
- 3 and 3' bearing
- 4 Rota
- 5 Stator
- 6 and 6' short circuit core
- 7 Permanent Magnet
- 8 Super-conductive Magnet
- 9 Justification Machine
- 9a Holddown member
- 9b Bearing bar
- 9c Rack
- 9d Case
- 9e Pinion
- g and g' gap

[Translation done.]

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転軸に支持され、該回転軸の周りに永久磁石を備えた回転子と、前記永久磁石に対向して、前記回転軸に平行なアキシヤルギャップを設けて配置された固定子とによって構成された同期電動発電機において、

前記アキシヤルギャップの間隙を可変する方向に前記固定子を移動させる位置調整手段を備え、

前記位置調整手段が、前記回転子の回転速度に応じて前記固定子の位置を可変するように構成されたことを特徴とする同期電動発電機。

【請求項 2】 前記位置調整手段は、

前記回転子が所定の回転数より遅い低速回転時において、前記アキシヤルギャップの間隙を短くするように前記固定子を移動させ、

前記回転子が所定の回転数より早い高速回転時において、前記アキシヤルギャップの間隙を長くするように前記固定子を移動させることを特徴とする請求項 1 に記載の同期電動発電機。

【請求項 3】 前記固定子は、コアにコイルが巻回されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の同期電動発電機。

【請求項 4】 前記固定子は、コアレスでコイルが巻回されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の同期電動発電機。

【請求項 5】 前記コイルは、集中巻きまたは分布巻きの何れかで巻回されていることを特徴とする請求項 3 または請求項 4 に記載の同期電動発電機。

【請求項 6】 前記アキシヤルギャップを設けて配置されている前記回転子と前記固定子とによる電動機構成は、複数段によって構成されていることを特徴とする請求項 1 ～請求項 5 のいずれかに記載の同期電動発電機。

【請求項 7】 前記回転子に備えられた永久磁石は、2 極以上の任意の偶数極で構成されていることを特徴とする請求項 1 ～請求項 6 のいずれかに記載の同期電動発電機。

【請求項 8】 風車型発電機、フライホイール型電動発電機、電気自動車用電動発電機、バッテリーを電源とする電動発電機、マイクロガスタービン型発電機の何れかに用いられることを請求項 1 ～請求項 7 のいずれかに記載の同期電動発電機。

【請求項 9】 回転軸に支持された回転盤を電動機により回転させることで電力貯蔵を行なう電力貯蔵用フライホイール装置において、

前記回転盤の前記回転軸周囲に配置された第 1 の永久磁石を備える前記電動機の回転子と、

前記第 1 の永久磁石に対向して、前記回転軸に平行なアキシヤルギャップを設けて配置された前記電動機の固定子と、

ラジアル荷重を支持する軸受と、

前記回転盤の他面に配置された第 2 の永久磁石と、

前記回転盤を磁気浮上させるため、前記第 2 の永久磁石と対向して前記回転軸方向に所定のギャップを有するように配置された超電導磁石と、

前記アキシヤルギャップの間隙を可変する方向に前記固定子を移動させる位置調整手段とを具備し、

前記位置調整手段が、前記回転盤の回転速度に応じて前記固定子の位置を可変するように構成されたことを特徴とする電力貯蔵用フライホイール装置。

【請求項 10】 前記固定子はコアレスでコイルが巻回されていることを特徴とする請求項 9 に記載の電力貯蔵用フライホイール装置。

【請求項 11】 前記超電導磁石が永久磁石であることを特徴とする請求項 9 に記載の電力貯蔵用フライホイール装置。

【請求項 12】 前記固定子はコアレスでコイルが巻回され、前記超電導磁石が永久磁石であることを特徴とする請求項 9 に記載の電力貯蔵用フライホイール装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、同期電動発電機の構造に関し、特に、同期電動発電機のロータとステータとの間にアキシヤルギャップを有する電力貯蔵用フライホイール装置の構造に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、電力貯蔵の手段としては、揚水式や電池充電方式や圧縮空気方式などがあるが、最近では、機械的に電力エネルギーを貯蔵するフライホイール（以下、FW）装置が注目されている。このような FW 装置は、同期電動発電機により FW を超高速で回転させることで電力貯蔵を行なうものであり、近年、カーボン繊維からなる FRP 等の高張力材料や、磁力の強いサマリウムコバルトなどの希土類磁石や、高温超電導などの技術の向上により、高効率な電力貯蔵用 FW 装置が実用化されつつある。尚、以下の説明では、同期電動発電機を単に電動発電機と言い、これを用いた電力貯蔵用 FW 装置を例に挙げて説明を展開して行く。

【0003】上述のような電力貯蔵用 FW 装置は、電動機及び発電機のロータとステータのギャップが半径方向にある、いわゆるラジアルギャップ型のものが一般に広く知られている。しかし、近年、ロータとステータのギャップが回転軸と平行方向にある、いわゆるアキシヤルギャップ型のものも開発されている。このうち、前者のラジアルギャップ型の電力貯蔵用 FW 装置は、FW ロータの回転軸の全長が長くなり、高速回転時に軸振動を起して回転軸の剛性によって軸破損を生じる虞がある。さらには、回転軸が僅かに偏心すると、偏心方向に電動発電機による磁気吸引力が発生して回転軸の偏心が益々大きくなり、ラジアル方向の磁気軸受の支持力が大幅に増大する。あるいは、電動発電機による磁気吸引力と磁気

軸受の支持力とが振動発振を誘発する虞もある。また、スラスト荷重は、FWロータを磁気浮上させるための永久磁石と超電導磁石との磁力で支えることになり、これらの荷重負担がかなり大きくなるなどの問題もある。

【0004】そこで、上述のような軸偏心、軸振動、軸剛性などの問題を解決したり、スラスト荷重を軽減させるために、アキシシャルギャップ型の電動発電機を用いたFW装置が開発されつつある。このようなアキシシャルギャップ型のFW装置は開発途上にあるので、従来技術におけるアキシシャルギャップ型の電動発電機を用いた一般的な電動発電機をFW装置に適用した構成について説明する。図2は、従来技術におけるアキシシャルギャップ型の電動発電機をFW装置に適用した場合の構造図であり、(a)は永久磁石ロータの上面図、(b)はFW装置の断面構造図である。このアキシシャルギャップ型の電動発電機を用いたFW装置は、同図(b)に示すように、ステータ15の両側において、対象的に、同じ構造のロータ12、12'が回転軸11に支持されて配置された構成となっている。したがって、以下の説明では一方の側について説明するが、他方の側の構成については、上下を反対の位置として読みかえるものとする。

【0005】図2(b)において、回転軸11には、電力エネルギーを貯めるFWロータ12が支持されている。回転軸11の上部と下部には、回転軸11のラジアル方向とアキシシャル方向を支える軸受14、14'が設けられている。これら軸受14、14'は、ころがり軸受、超電導軸受、常電導磁気軸受などからなり、ラジアル荷重を支持する。尚、FWロータ12を収容する図示しない容器内は、FWロータ12の回転による風損を減らすために真空状態にされている。

【0006】また、FWロータ2の下面部の回転軸11の周りには、電力エネルギーを出し入れする電動発電機(電動機と発電機を兼用)の永久磁石ロータ(回転子)13が設けられている。この永久磁石ロータ13は、図2(a)に示すように、回転軸11の周りにN、S交互*

$$E = 2.22 f N k \phi$$

但し、E：誘起電圧、f：回転数(周波数)、N：巻線の巻数、k：巻線係数、 ϕ ：磁束

【0011】すなわち、式(1)から分かるように、ステータ15の巻線の巻数Nや巻線係数kや永久磁石ロータ13、13'の磁束 ϕ は一定値であるので、誘起電圧Eは回転数fに比例して増加する。したがって、低速回転時は効率のよい電動発電機として駆動するが、高速回転時には、電動発電機を駆動するインバータ側の電圧より高い電圧が電動発電機によって発電されてしまう。よって、高速回転時には、このような高電圧の発電を防止するために弱め界磁制御を行っている。弱め界磁制御とは、発電に作用する磁束が増えないように反対方*

$$T = 3 E / \omega I$$

但し、T：トルク、 $\omega = 2\pi f$ ：電気角周波数、I：電

*に8極の永久磁石が均等に配置されている。また、この永久磁石ロータ13の下方の回転軸11の周りには、永久磁石ロータ13と所定のギャップ16をもって対向するように、電動発電機のステータ(固定子)15が備えられている。このステータ15は、鉄心を用いないコアレス巻線からなっている。

【0007】また、他方のFWロータ12'側も同様な構成になってステータ15に対向しているので、一方の側の永久磁石ロータ13とステータ15の反発磁力によって生じるギャップ16と、他方の側の永久磁石ロータ13'とステータ15の反発磁力によって生じるギャップ16'とは同じ間隙のアキシシャルギャップに保持されている。

【0008】このような構成のFW装置では、電動発電機が電動機として作用し、永久磁石ロータ13、13'が回転軸11の周りを回転するのに伴い、FWロータ12、12'が超高速で回転することによって電力が貯蔵される。また、FWロータ12、12'の回転中に電動発電機が発電機として作用することによって貯蔵された電力が出力される。このようにして、FW装置に永久磁石ロータを用いることによって、電動/発電作用を行うための励磁回路は不要となる。これによって、励磁電流分の損失がなくなるため、高効率で電力貯蔵を行うことができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の構成によるアキシシャルギャップ型の電動発電機を有する電力貯蔵用FW装置では、アキシシャル方向のギャップ長は、回転数の如何に関わらず固定化されているので、次のような幾つかの不具合を生じる。

【0010】先ず、永久磁石タイプの発電機は、回転数によって誘起電圧が変わることによって起る問題がある。つまり、ステータ15の図示しない巻線が永久磁石ロータ13の磁束を切ることによって発生する誘起電圧は次の式(1)で表される。

$$(1)$$

※向の磁束を作るような電流を流す制御である。しかし、このようにして電力変換機(インバータ)の不足電圧に応じて弱め界磁電流を流すと、無効電流が増加して弱め界磁電流分だけ力率が悪くなる。したがって、高速回転になって弱め界磁電流が増加するのに伴って無効電流分による損失が増え、電動発電機(したがって、FW装置)の電力効率が低下してしまう。

【0012】もう一つの問題点は、もともと高速回転用に設計されている電動機もしくは発電機は出力トルクが小さいことである。つまり、出力トルクは次の式(2)の関係式で表される。

$$(2)$$

流

【0013】つまり、前述の式(1)で説明したように、誘起電圧 E は周波数(回転数) f が増えると高くなってしまいますので、弱め界磁電流を流して誘起電圧 E がインバータの出力できる最高電圧より高くないように設定されている。すなわち、最大の誘起電圧 E は、インバータの最高電圧で規定されていて固定値となっている。よって、式(2)において、高速回転になっても誘起電圧 E は一定であるので、周波数(回転数) f 、つまり電気角周波数 ω が増加するとトルク T は小さくなってしまふ。このように、高速回転になるほど電動発電機の出力トルクは益々小さくなってしまふ。例えば、10,000rpm程度でFW装置を回転させようするとき、大きな駆動トルクで回転させることができない。

【0014】本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、弱め界磁制御を行わなくても高速回転時に高電圧が発生しないようにすると共に、低速回転から高速回転まで安定した出力トルクを発生させることのできる同期電動発電機を提供すると共に、この同期電動発電機を用いた電力貯蔵用フライホイール装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決し目的を達成するために、本発明の同期電動発電機は、回転軸に支持され、該回転軸の周りに永久磁石を備えた回転子と、永久磁石に対向して、回転軸に平行なアキシャルギャップを設けて配置された固定子とによって構成された同期電動発電機において、アキシャルギャップの間隙を可変する方向に固定子を移動させる位置調整手段を備え、この位置調整手段が、回転子の回転速度に応じて固定子の位置を可変するように構成されたことを特徴とする。

【0016】すなわち、本発明の同期電動発電機によれば、位置調整手段が、回転子の回転速度に応じて、回転子と固定子との間のアキシャルギャップの間隙の長さを変えるので、回転子と固定子との間で電動発電作用に寄与する磁束量を自動的に可変することができる。したがって、回転速度に応じて自動的に誘起電圧やトルクを変えることができる。特に、高速回転時に弱め界磁電流の制御をしなくても、自動的に高電圧の発生を抑えることができるので、電力効率を低下させることなく効果的に電動発電作用を行うことができる。

【0017】また、本発明の同期電動発電機は、前記発明において、位置調整手段は、回転子が所定の回転数より遅い低速回転時において、アキシャルギャップの間隙を短くするように固定子を移動させ、回転子が所定の回転数より早い高速回転時において、アキシャルギャップの間隙を長くするように固定子を移動させることを特徴とする。

【0018】すなわち、本発明の同期電動発電機によれば、低速回転の時は回転子と固定子との間のアキシャル

ギャップが自動的に狭くなって磁束量が増加するので、トルクを増やしたり高い電圧を発電することができる。また、高速回転の時は、回転子と固定子との間のアキシャルギャップが自動的に広がって磁束量が減少するので、弱め界磁電流を流さなくても発電電圧を所望の値に調整することができる。しかも、弱め界磁電流による無効電流が流れないため、力率が向上して発電効率を高めることができる。

【0019】また、本発明の同期電動発電機は、コアにコイルを巻回して固定子を構成することもできるが、コアレスでコイルを巻回してもよい。このようにコアレスにすることによって、高速回転時の高周波電流による渦電流損や鉄損を減らすことができる。また、ステータコイルの巻線方式は集中巻き、分布巻きの何れであっても構わない。さらに、アキシャルギャップを設けて配置されている回転子と固定子とによる電動機構成は、複数段によって構成されていてもよい。つまり、アキシャルギャップモータを一段の構成としてもよいが、これを多段に組み合わせて構成してもよい。また、回転子に配置された永久磁石は2極以上の任意の偶数極で構成されており、例えば、2極、6極、8極…などの構成にすることができる。

【0020】また、本発明におけるアキシャルギャップ式の同期電動発電機は、電力貯蔵用フライホイール装置に用いることもできる。あるいは、風車用発電機に用いて、風速で回転速度が変わった場合に位置調整器によってギャップを調整して最適電圧を発生させるようにすることもできる。さらに、電気自動車用電動機ホイールインモータ発電機や、バッテリーを電源とする電動発電機などに用いて、入力電圧に応じて位置調整器によってギャップを調整して最適電圧を発生させるようにすることもできる。または、マイクロガスタービン直結の高速発電機に用いることもできる。

【0021】また、本発明は、アキシャルギャップ式の同期電動発電機を用いた電力貯蔵用フライホイール装置の発明でもある。すなわち、回転軸に支持された回転盤を電動機により回転させることで電力貯蔵を行なう電力貯蔵用フライホイール装置において、回転盤の回転軸周囲に配置された第1の永久磁石を備える電動機の回転子と、第1の永久磁石に対向して、回転軸に平行なアキシャルギャップを設けて配置された電動機の固定子と、ラジアル荷重を支持する軸受と、回転盤の他面に配置された第2の永久磁石と、回転盤を磁気浮上させるため、第2の永久磁石と対向して回転軸方向に所定のギャップを有するように配置された超電導磁石と、アキシャルギャップの間隙を可変する方向に固定子を移動させる位置調整手段とを具備し、この位置調整手段が、回転盤の回転速度に応じて固定子の位置を可変するように構成されたことを特徴とする電力貯蔵用フライホイール装置である。

【0022】すなわち、本発明の電力貯蔵用フライホイール装置によれば、アキシアルギャップ式電動発電機を用いているため、回転盤の回転軸が偏心してもラジアル方向に磁気吸引力が発生しない。また、ラジアルギャップ式電動発電機を用いた場合に比べて回転軸の全長を短くすることができるため、高速回転時の軸振動と軸剛性の問題を軽減できる。さらに、アキシアルギャップ式電動発電機を回転軸の上方に位置することにより、スラスト荷重を電動発電機による磁気吸引力で補うことができる。すなわち、軸偏心、軸振動、軸剛性の問題を軽減でき、スラスト荷重を補うことができる。しかも、本発明の電力貯蔵用フライホイール装置では、固定子と回転子との間のアキシアルギャップの間隙を可変する方向に固定子を移動させる位置調整手段を備えている。そして、この位置調整手段が、回転体の回転速度に応じて固定子の位置を可変するので、回転速度に応じて自動的に誘起電圧やトルクを変えることができる。特に、高速回転時に弱め界磁電流の制御をしなくても、自動的に高電圧の発生を抑制することができるので、電力効率を低下させることなく効果的に電動発電作用を行うことができる。

【0023】また、本発明は、前記発明の電力貯蔵用フライホイール装置において、固定子はコアレスでコイルが巻回されていることを特徴とする。すなわち、電動機の固定子を鉄心の無いコアレス型とすることにより、鉄損や渦電流損を低減することができるので、電動発電機の効率を一層向上させることができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて、本発明における同期電動発電機について説明するが、具体例として、この同期電動発電機を用いた電力貯蔵用フライホイール装置について説明することにする。図1は、本発明の一実施の形態に係る電力貯蔵用FW装置の構成を示す側断面図である。このFW装置は、アキシアルギャップ式電動発電機を適用した状態を示している。また、このFW装置は、図に示すような状態で回転軸1を立てて用いられている。

【0025】まず、全体の構成について説明する。図1において、FW装置は、回転軸1に対して電力エネルギーを貯蔵するFWロータ2が支持されている。また、回転軸1の上部と下部には、回転軸1のラジアル方向とアキシアル方向を支える軸受3、3'が設けられている。これら軸受3、3'は、ころがり軸受、超電導軸受、常電導磁気軸受などからなり、ラジアル荷重を支持する。尚、FWロータ2を収容する図示しない容器内は真空状態にされている。

【0026】また、FWロータ2の上面部における回転軸1の周りには、電力エネルギーを出し入れする電動発電機（電動機と発電機を兼用）のロータ（回転子）4が設けられている。さらに、このロータ4の上方の回転軸1の周りには、ロータ4と所定のギャップgをもって対

向するように、電動発電機のステータ（固定子）5が備えられている。尚、このステータ5は鉄心を用いないコアレス巻線からなっている。また、ロータ4は短絡コア6によって支持され、ステータ5は短絡コア6'によって保持されている。

【0027】FWロータ2の下面には、回転軸1の周りに永久磁石7が設けられている。さらに、永久磁石7と所定のギャップg'をもって対向するように、回転軸1の周りに超電導磁石8が備えられている。そして、永久磁石7と超電導磁石8が磁気反発することにより、FWロータ2が超電導磁石8から浮上される。つまり、これらの永久磁石7と超電導磁石8との反発磁力で上方向からのスラスト荷重が支持される。

【0028】このFW装置では、上述した構成の電動発電機が電動機として作用することによって、ロータ4が回転軸1の周りを回転するのに伴い、FWロータ2が超高速で回転することで電力が貯蔵される。また、FWロータ2の回転中に電動発電機が発電機として作用することによって貯蔵されている電力が出力される。

【0029】また、このFW装置では、超高速で回転するFWロータ2の貯蔵効率を上げるために、FWロータ2を収容する図示しない容器内を真空にすることでFW装置内部を真空状態にし、FWロータ2の回転に伴う風損を減らしている。さらに、FWロータ2の回転に伴う風損を減らし、且つFWロータ2の冷却効果を維持するために、FWロータ2を収容する図示しない容器内を減圧することで、FW装置内部を減圧している。

【0030】尚、特に図示はしないが、FWロータ2を収容する容器内は、ヘリウムなどの分子量の小さい気体を封入してもよい。さらに、冷却装置を設けて容器内の気体を冷却するように構成してもよい。あるいは、真空ポンプを設けて、容器内を真空引きしてから、充放電時にFWロータ2が発熱する際に、FWロータ2を冷却するための気体を冷却装置により容器内に注入するように構成してもよい。

【0031】さらに、本発明におけるFW装置の特徴とするところは、位置調整器9を、ステータ5の上部に、正確にはステータ5を保持する短絡コア6'の上部に取り付けた構成となるところである。この位置調整装置9は、図に示すように、固定部材9aが短絡コア6'に固着され、この固定部材9aから上方向へラック9cの刻まれた支持棒9bが伸びている。つまり、支持棒9bはボールネジが形成された形状となっている。さらに、ケース9d内には調整部の露出したピニオン9eがラック9cと螺合している。つまり、ピニオン9cを廻すことによってラック9cにより駆動方向変更と減速が行われて、支持棒9bが上下に移動するように構成されている。例えば、ピニオン9cを1回転するとラック9cのネジが1ピッチ移動するようになっている。

【0032】このように構成された位置調整器9によ

り、FWロータ2の回転速度に応じてピニオン9eが回転すると、支持棒9bのラック9cがピッチ歩進し、固定部材9aに固着された短絡コア6'と共にステータ5が上下移動する。これによって、ロータ4とステータ5のアキシャル方向のギャップgの長さを可変調整できるようになっている。つまり、位置調整器9によって、ロータ4とステータ5との間のアキシャル方向のギャップgの長さが可変できる機構になっている。例えば、高速回転時はギャップgが大きくなるように作動して、弱め界磁制御を行ったのと同様な作用を呈するようになっている。

【0033】このように構成されたFW装置において、FWロータ2が低速回転しているときは、図示しない回転速度検出器からの速度信号によって、ピニオン9eが所望の方向に回転してラック9cを螺合移動させ、支持棒9bを下方へ移動させる。これによって、ステータ5が下方に移動してギャップgの間隙を短くする。すると、ロータ4とステータ5との間の磁束 ϕ が増加して、前述の式(1)から明らかなように誘起電圧Eが増加する。さらに、前述の式(2)から分かるように誘起電圧Eの増加によってトルクTも増加する。このようにして、低速回転時は、自動的にギャップgを小さくすることによって、トルクを大きくすることができると共に、所望の電圧値の誘起電圧を発生させることができる。

【0034】次に、FWロータ2が高速回転になったときは、図示しない回転速度検出器からの速度信号によって、ピニオン9eが所望の方向に回転してラック9cを螺合移動させ、支持棒9bを上方へ移動させる。これによって、ステータ5が上方に移動してギャップgの間隙を長くする。すると、ロータ4とステータ5との間の磁束 ϕ が減少して誘起電圧Eを減少させる。すなわち、高速回転時に、前述の従来技術で述べたような弱め界磁電流を流さなくても、磁束 ϕ の減少によって自動的に誘起電圧を所望の値に減少させ、且つ所望のトルクを発生させることもできる。このようにして、高速回転時は、自動的にギャップgを大きくすることによって、過大な誘起電圧の発生を防止すると共に、弱め界磁電流を流さないので電力効率を低下させることもなくなる。

【0035】尚、位置調整器9によるギャップgの調整は1~2mm程度であるので、ラックとピニオンの機構は螺合部分にガタのないような構成にし、ボールネジのピッチ間隔は数十ミクロン程度以下にする必要がある。勿論、ラックとピニオンの機構に限ることはなく、数ミクロンないし数十ミクロンの精度でステータを上下移動するような構成であればどのような機構を用いても構わない。

【0036】また、上記の実施の形態ではステータ5を上下してギャップgを調整する場合について述べたが、短絡コア6'のみを位置調整器9によって上下移動しても、磁束 ϕ を増減させて上記の実施の形態と同様の作用

効果を呈することができる。但し、この場合は、ステータ5の冷却効果について考慮する必要がある。

【0037】また、図1に示した本発明におけるFW装置の実施の形態では、ステータ5を鉄心のないコアレスで構成したが、これは高速回転時の高周波電流による渦電流損や鉄損を減らすためである。しかし、コア付きのステータを用いても本発明が適用できることはいうまでもない。また、ステータコイルの巻線方式は集中巻き、分布巻きの何れでも構わない。さらに、図1では、アキシャルギャップモータが一段のもので構成したが、FWロータ2と短絡コア6とロータ4とステータ5と短絡コア6'とを組み合わせたアキシャルギャップモータを多段に組み合わせ構成しても本発明を適用することができる。また、図1におけるロータ4の構成は、図2

(a)に示すような永久磁石を8極に構成したものに限ることはなく、2極、6極…などの構成であっても構わない。

【0038】また、アキシャルギャップ調整による磁束 ϕ の増減とは直接的には関係ないが、上記のように構成された電力貯蔵用FW装置は、アキシャルギャップ式電動発電機を用いているため、FWロータ2の回転軸1が偏心しても、ラジアル方向に磁気吸引力は発生しない。このため、ラジアルギャップ式電動発電機を用いた場合に比へて、ラジアル荷重を大幅に軽減することができる。さらに、回転軸1が偏心した場合、電動発電機が生じる磁気エネルギーの強弱関係により、ラジアル方向への自動調心性が発生するため、ラジアル荷重をさらに軽減することができる。

【0039】また、アキシャルギャップ式電動発電機の構成により、従来のラジアルギャップ式電動発電機を用いた場合に比へて、FWロータ2の回転軸1の全長を短くすることができるため、高速回転時の軸振動を軽減することができる。さらに、アキシャルギャップ式電動発電機を回転軸1の上方に位置させることにより、永久磁石7と超電導磁石8の磁力だけで支えていたスラスト荷重を電動発電機による磁気吸引力で補うことができる。あるいは、磁気吸引力の強弱を調節することにより、FWロータ2の超電導磁石8からの浮上ギャップ長を調整することが可能となる。尚、超電導磁石8は永久磁石であってもよい。また、スラスト荷重を、FWロータ2を浮上させる永久磁石7と超電導磁石8の磁力で支えるのではなく、軸受3、3'だけで支えるようにすることもできる。

【0040】また、永久磁石タイプの電動発電機を使用することにより、銅損、鉄損を低減でき、真空中におけるFWロータ2の冷却の必要性を低減できる。さらに、電動発電機のステータ5を鉄心の無いコアレス型とすることにより、鉄損をさらに低減することができ、電動発電機の電力効率を一層向上させることができる。また、

従来のラジアルギャップ式電動発電機は、高速で回転すると、力を発生させるギャップ部分に遠心力がかかるため、磁石等の飛散防止の問題と電気磁気的な最適性の問題とのトレードオフの関係により、最適な構造とするための制限があった。しかし、本発明のアキシャルギャップ式電動発電機は、力を発生するスラスト方向のギャップ面と遠心力を受けるラジアル方向の強度支え面を別々に設計できるため、電気的機械的に最適な構造をそれぞれ分離して、超高速、高出力に設計することが可能となる。

【0041】以上述べた実施の形態は本発明を説明するための一例であり、本発明は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、発明の要旨の範囲で種々の変形が可能である。例えば、上記の実施の形態では、アキシャルギャップ式の同期電動発電機を電力貯蔵用フライホイール装置に適用した場合について述べたが、これに限ることはなく、例えば、風車用発電機に適用して風速で回転速度が変わった場合に、位置調整器によってギャップを調整して最適電圧を発生させるようにすることもできる。あるいは、電気自動車用電動機ホイールインモータ

【0042】

【発明の効果】以上説明したように、本発明におけるアキシャルギャップ式の同期電動発電機によれば、低速回転の時はロータとステータとの間のアキシャルギャップが自動的に狭くなって磁束が増加するので、トルクを増

やしたり高い電圧を発電することができる。また、高速回転の時は、ロータとステータとの間のアキシャルギャップが自動的に広がって磁束が減少するので、弱め界磁電流を流さなくても発電電圧を所望の値に調整することができる。しかも、弱め界磁電流による無効電流が流れないため、力率が向上して発電効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

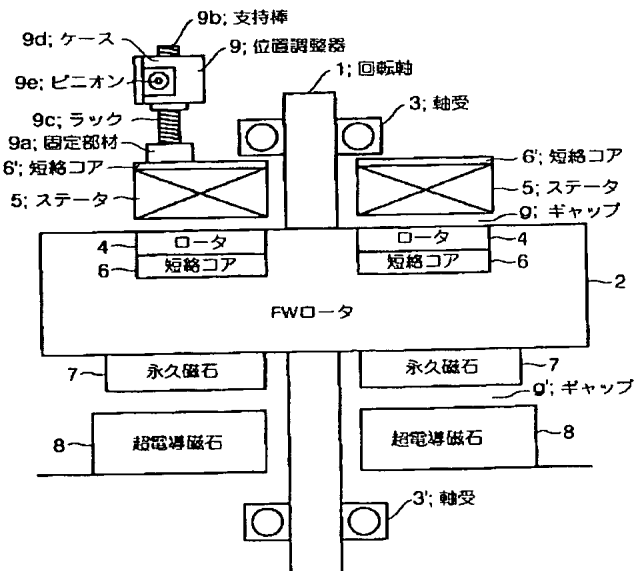
【図1】 本発明の一実施の形態に係る電力貯蔵用FW装置の構成を示す側断面図である。

【図2】 従来技術におけるアキシャルギャップ型の電動発電機をFW装置に適用した場合のイメージ構造図であり、(a)は永久磁石ロータの上面図、(b)はFW装置の断面構造図である。

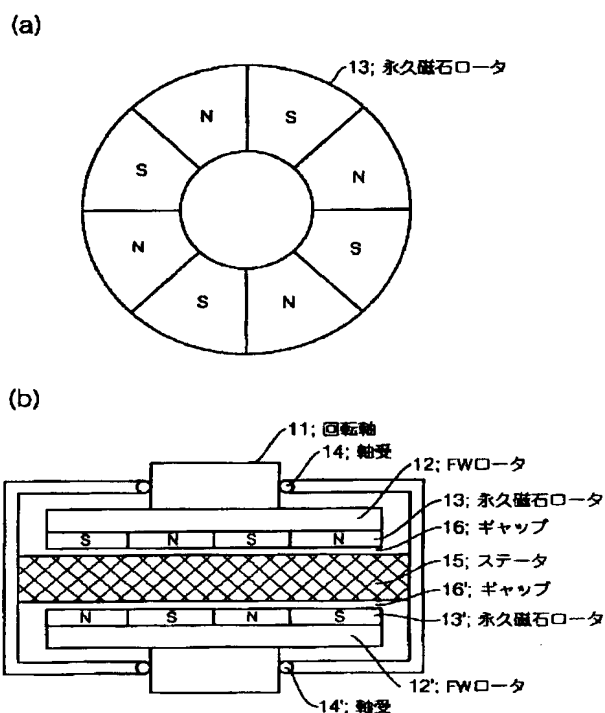
【符号の説明】

- 1 回転軸
- 2 FWロータ
- 3、3' 軸受
- 4 ロータ
- 5 ステータ
- 6、6' 短絡コア
- 7 永久磁石
- 8 超電導磁石
- 9 位置調整器
- 9a 固定部材
- 9b 支持棒
- 9c ラック
- 9d ケース
- 9e ピニオン
- g、g' ギャップ

【図1】



【図 2】



フロントページの続き

(72) 発明者 森本 雅之
愛知県名古屋市中村区岩塚町字高道 1 番地
三菱重工業株式会社産業機器事業部内

(72) 発明者 河島 裕
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号
三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72) 発明者 南 正晴
兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号
三菱重工業株式会社高砂研究所内

(72) 発明者 長屋 重夫
愛知県名古屋市長区大高町字北関山 20 番地
の 1 中部電力株式会社電力技術研究所内

(72) 発明者 鹿島 直二
愛知県名古屋市長区大高町字北関山 20 番地
の 1 中部電力株式会社電力技術研究所内

F ターム (参考) 5H604 BB01 BB03 BB13 CC01 CC04
CC20
5H607 AA12 AA14 BB01 BB02 BB07
BB13 BB21 BB23 BB25 CC01
CC05 DD01 DD14 EE41 EE42
EE54 FF21 FF24 FF26 FF33
GG02 GG09 GG19 GG23
5H621 AA03 BB01 BB02 BB06 BB07
HH01 JK13 JK17 PP02
5H622 AA03 CA02 CA10 CB01 PP03